

## **Verfahren zur Steuerung einer Antriebsmaschine für ein Fahrzeug**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung einer Antriebsmaschine für ein Fahrzeug, insbesondere einer Brennkraftmaschine, mit zumindest einer Motorsteuereinheit und zumindest einem zusätzlichen Steuergerät im Antriebsstrang, wobei Führungsgrößenanforderungen vom Steuergerät an die Motorsteuereinheit gesendet werden, und wobei die Transferfunktion der Antriebsmaschine zumindest teilweise mittels einer vorbestimmten approximierten Transferfunktion der Antriebsmaschine dargestellt wird.

In modernen Kraftfahrzeugen stellen neben der Motorsteuereinheit noch andere Steuergeräte Anforderungen an Führungsgrößen, wie beispielsweise an das Drehmoment, welches die Brennkraftmaschine abzugeben hat. Hierzu ist es üblich, dass die anderen Steuergeräte über eine Datenverbindungsleitung, zum Beispiel über CAN (**C**ontroller **A**rea **N**etwork) eine Anforderung an die Motorsteuereinheit senden. Diese Anforderung kann entweder die Forderung nach einem Drehmoment sein oder auch die Forderung nach Modifikation desjenigen Drehmoments, das der Motor ohne diese externe Anforderung abgeben würde.

Solche Anforderungen an das Drehmoment können zum Beispiel von einem Getriebe-Steuergerät kommen, um das von der Brennkraftmaschine abgegebene Drehmoment während einer Schaltung günstig im Sinne von Fahrkomfort und geringem Verschleiß zu beeinflussen. Aber auch ein Steuergerät, welches die Fahrdynamik des Fahrzeuges überwachen und regeln soll (zum Beispiel ESP - **E**lektronisches **S**tabilitäts-**P**rogramm), stellt in fahrdynamisch kritischen Fahrsituationen solche Drehmomentanforderungen an das Steuergerät der Brennkraftmaschine.

Bei solchen, auch als Momenteneingriffe bezeichneten, externen Drehmomentanforderungen ist jedoch immer die begrenzte Dynamik zu beachten, mit der das System aus Motorsteuereinheit und Brennkraftmaschine diese Momenteneingriffe realisieren kann. So folgt die Brennkraftmaschine in der Regel erst nach einer betriebspunktabhängigen Totzeit einem Momenteneingriff und auch der Gradient, mit welchem das Drehmoment erhöht oder reduziert werden kann, unterliegt einer betriebspunktabhängigen maximalen Dynamik. Wird diese begrenzte Dynamik nicht beachtet, ergibt sich eine erhebliche Komforteinbuße.

Heutige Getriebe- oder Fahrdynamik-Steuergeräte bilden daher dieses Übertragungsverhalten des Systems aus Motor-Steuergerät und Brennkraftmaschine in einem gewissen Ausmaß intern ab, um so den Momenteneingriff geeignet modifi-

zieren zu können. In bekannten Realisierungen wird die approximierte Transferfunktion der Brennkraftmaschine – zumindest teilweise – im Getriebe- oder Fahrdynamik-Steuergerät abgelegt, um das reale Übertragungsverhalten der Brennkraftmaschine – zumindest teilweise – zu kompensieren. Diese approximierte Transferfunktion kann auch implizit durch Berücksichtigung von Kennwerten, wie Parametern, Kennlinien, Kennfeldern oder Ähnlichem abgelegt sein.

Konkret kann dies zum Beispiel bedeuten, dass während eines Schaltvorganges das Getriebe-Steuergerät einen Momenteneingriff schon früher als eigentlich erforderlich vom Motorsteuergerät anfordern muss, um die Totzeit der Brennkraftmaschine zu kompensieren.

Einerseits bedeutet die – zumindest teilweise und oft implizite – Hinterlegung der approximierten Transferfunktion der Brennkraftmaschine im Getriebe-Steuergerät einen erheblichen Anpassungsaufwand bei der Installation des gleichen Systems aus Getriebe und Getriebe-Steuergerät in einem anderen Fahrzeug mit einer anderen Brennkraftmaschine.

Andererseits kann trotz dieses erheblichen Anpassungsaufwandes die approximierte Transferfunktion der Brennkraftmaschine in einem anderen Steuergerät als dem Motor-Steuergerät nur sehr ungenau bekannt sein (d.h. die Approximation ist sehr grob), da die Transferfunktion des Motors von sehr vielen motorinternen Betriebsparametern abhängt, die außerhalb des Motorsteuergerätes nicht bekannt sind. So haben neben aktueller Drehzahl und aktuellem Drehmoment der Brennkraftmaschine auch die Temperatur des Motors, der Betriebszustand eines eventuell vorhandenen Turboladers, die Einstellung eines eventuell vorhandenen Abgasrückführventils und viele weitere motorinterne Betriebsparameter einen erheblichen Einfluss auf die Dynamik und damit auf die Transferfunktion der Brennkraftmaschine.

Da somit die Transferfunktion der Brennkraftmaschine im Getriebe-Steuergerät nur teilweise bekannt ist, kann sie durch eine entsprechende Modifikation der Führungsgrößen-Anforderung auch nur teilweise kompensiert werden. Die so nicht kompensierten Restanteile führen zu einem vom Betriebspunkt abhängigen unterschiedlichen Verhalten der Brennkraftmaschine auf den Momenteneingriff des Getriebe-Steuergerätes und somit zu reduziertem Schaltkomfort und erhöhtem Verschleiß von Getriebe und/oder Kupplung.

Beim aktuellen Stand der Technik kann die Steuerung der Brennkraftmaschine einen externen Momenteneingriff oft nicht optimal umsetzen, da eine Vorschau auf den weiteren Verlauf des geforderten Drehmoments nicht bekannt ist. So wäre zum Beispiel in vielen Fällen bei Kenntnis des zu erwartenden Drehmo-

mentverlaufs die Einstellung von motorinternen Parametern, wie etwa Zündwinkel, Stellung eines variablen Turboladers, Stellung eines variablen Abgasrückführventils oder dergleichen, auf eine Weise möglich, die Kraftstoffverbrauch und Emissionen senkt und/oder Fahrkomfort und -dynamik erhöht.

Aus der DE 100 26 332 A1 ist ein Verfahren zur koordinierten Steuerung eines Fahrzeugmotors und einer Kupplung mittels einer Antriebsstrangsteuerung während eines Wechsels einer Getriebeübersetzung bekannt, wobei dem Fahrzeugmotor und der Kupplung jeweils zumindest ein Stellmittel zugeordnet ist, mit dem über die Antriebsstrangsteuerung eine Einstellung eines Sollwertes für eine Motordrehmoment bzw. ein Kupplungsmoment erfolgt. Zur koordinierten Ansteuerung von Kupplung und Fahrzeugmotor werden Sollwerte für das Kupplungsmoment und das Motormoment unmittelbar unter Bezug der erfassten Betriebsparameter bzw. Betriebszustände, zum Teil durch prädikative Motorsteuerung, angepasst.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zur Steuerung einer Antriebsmaschine zu entwickeln, mit welchem Führungsgrößenanforderungen optimal umgesetzt werden können.

Erfindungsgemäß wird dies dadurch erreicht, dass die Motorsteuereinheit zumindest einen Parameter der approximierten Transferfunktion der Antriebsmaschine berechnet und diese dem Steuergerät übermittelt, und dass im Steuergerät die approximierte Transferfunktion zumindest teilweise auf der Basis des zumindest einen berechneten Parameters rekonstruiert wird und die Führungsgrößenanforderungen auf Grund der zumindest teilweise rekonstruierten approximierten Transferfunktion modifiziert werden. Die modifizierten Führungsgrößenanforderungen werden an die Motorsteuereinheit geschickt. Die angeforderte Führungsgröße kann eine Größe aus der Gruppe Drehmoment, Drehzahl, Fahrzeugbeschleunigung, Fahrzeuggeschwindigkeit oder Leistung sein. Dadurch, dass wesentliche Parameter der approximierten Transferfunktion der Antriebsmaschine innerhalb der Motorsteuereinheit berechnet werden und diese Parameter dem Steuergerät zugeführt werden, kann die approximierte Transferfunktion zumindest teilweise mit die reale Betriebssituation widerspiegelnden Parametern ermittelt werden. Die Berechnung der Parameter kann dabei kontinuierlich oder diskontinuierlich in festen Zeitabständen (zum Beispiel alle 10 ms) oder nach einem Zeitraster erfolgen, das durch die Umdrehung der Antriebswelle der Antriebsmaschine definiert wird. Die berechneten Parameter für die approximierte Transferfunktion können Totzeit, Phasenverschiebung, Dämpfung, charakteristische Frequenz, maximaler Gradient bei Führungsgrößenerhöhung, maximaler Gradient bei Führungsgrößenreduktion oder Ähnliches sein.

Die Motor-Steuereinheit berechnet somit regelmäßig wesentliche Parameter der approximierten Transferfunktion der Antriebsmaschine und teilt diese über eine Datenverbindungsleitung (zum Beispiel CAN) zu gewissen Zeiten den zusätzlichen Steuergeräten im Antriebsstrang mit. Diese zusätzlichen Steuergeräte können dann auf der Basis dieser Parameter mit sehr geringem Aufwand die approximierte Transferfunktion zumindest teilweise rekonstruieren und damit den Führungsgrößeneingriff geeignet modifizieren. Hierbei können die zusätzlichen Steuergeräte im Antriebsstrang des Kraftfahrzeuges die approximierte Transferfunktion der Antriebsmaschine auch auf implizite Weise berücksichtigen, das heißt durch Kennwerte wie Parameter, Kennlinien, Kennfelder oder dergleichen.

Darüber hinaus kann vorgesehen sein, dass zumindest ein weiterer Parameter der Führungsgrößenanforderung aus der Gruppe Sollwert der Führungsgröße nach Ende des Führungsgrößeneingriffs, Dauer des Führungsgrößeneingriffs, Vorzeichen des aktuellen Führungsgrößengradienten und Information über Zweck des Führungsgrößeneingriffs von dem zumindest einen zusätzlichen Steuergerät an die Motorsteuereinheit gesendet wird.

Die Information über den Zweck des Führungsgrößeneingriffs beinhaltet, ob dieser zur Erhöhung der Fahrzeug-Sicherheit oder zur Erhöhung des Komforts erfolgt. Dient der Führungsgrößeneingriff etwa der Erhöhung der Fahrzeug-Sicherheit (zum Beispiel durch ein Fahrsicherheits-System wie ESP), kann dessen Realisierung deutlich verbessert werden, indem in solch einem Fall sowohl Abgasgrenzwerte, als auch Belastungswerte kurzfristig überschritten werden dürfen, was bei Führungsgrößeneingriffen, die alleine der Erhöhung des Komforts dienen, während einer Schaltung nicht zulässig ist.

In weiterer Ausführung der Erfindung ist vorgesehen, dass in Abhängigkeit der weiteren Parameter die Stellpfade in der Motorsteuereinheit, vorzugsweise auf Grund der Information über den Zweck des Führungsgrößeneingriffs, beeinflusst werden. So kann zum Beispiel bei einem nur sehr kurzen Momenteneingriff in reduzierender Richtung bewusst der Wirkungsgrad der Antriebsmaschine verschlechtert werden, um ein sehr rasches Ansteigen des Motordrehmomentes nach Ende des Momenteneingriffs zu ermöglichen. Weiters kann bei einer als Brennkraftmaschine ausgebildeten Antriebsmaschine vorgesehen sein, dass während des Führungsgrößeneingriffs die Füllung (=Sauerstoffmasse) in zumindest einem Zylinder der Brennkraftmaschine so eingestellt wird, dass sie optimal zum Sollwert der Führungsgröße nach Ende des Führungsgrößeneingriffs passt.

Die Übertragung der Parameter erfolgt vorteilhafterweise über eine Datenverbindungsleitung, beispielsweise über CAN (**C**ontroller **A**rea **N**etwork).

Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn die Parameter von allen Motorsteuereinheiten, die in Kraftfahrzeugen eingebaut werden, in normierter Form übertragen werden. Durch einen allgemein anerkannten generellen Übertragungsmodus zwischen Motorsteuereinheit und den zusätzlichen Steuergeräten kann der steuerungstechnische Adaptionaufwand minimiert werden.

Durch die Übertragung der wesentlichen Parameter der approximierten Transferfunktion an die zusätzlichen Steuergeräte im Antriebsstrang ist nun in diesen anderen Steuergeräten kein oder nur ein geringer Anpassungsaufwand an eine geänderte Antriebsmaschine mehr erforderlich. Zudem ermöglicht die Bestimmung der approximierten Transferfunktion im Steuergerät der Antriebsmaschine die Berücksichtigung sehr vieler motorinterner Variabler, wie etwa Temperatur, Betriebszustand eines Turboladers, oder dergleichen, und somit eine erhebliche Steigerung der Qualität bei zumindest teilweiser Bestimmung der approximierten Transferfunktion. Durch die Steigerung dieser Qualität kann zum Beispiel im Falle eines Momenteneingriffs durch das Getriebe-Steuergerät der Schaltkomfort erheblich verbessert und der Verschleiß von Kupplung und/oder Getriebe reduziert werden.

Besondere Vorteile ergeben sich, wenn im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges mehrere Steuergeräte eingebaut sind, die in eine Führungsgröße der Antriebsmaschine eingreifen sollen. Hierbei kann es sich zum Beispiel um ein Getriebe-Steuergerät und ein Fahrdynamik-Steuergerät handeln. In diesem Fall steht dem unvermeidlichen Zusatzaufwand in der Motorsteuereinheit zur Bestimmung der approximierten Transferfunktion und ihrer wesentlichen Parameter der Wegfall des Anpassungsaufwandes in Getriebe- und Fahrdynamik-Steuergeräten gegenüber, wodurch sich der Vorteil erheblich vergrößert.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figuren näher erläutert. Es zeigen schematisch

Fig. 1 den Systemaufbau;

Fig. 2 bis Fig. 4 Drehzahl, Drehmoment und Fahrzeugbeschleunigung während eines Schaltvorganges ohne Berücksichtigung der Transferfunktion der Antriebsmaschine;

Fig. 5 eine Antriebsstrangsnchnittstelle gemäß dem Stand der Technik;

Fig. 6 eine Antriebsstrangsnchnittstelle gemäß der Erfindung;

Fig. 7, Fig. 8 und Fig. 9 Drehzahl, Drehmoment und Fahrzeugbeschleunigung bei Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Fig. 1 zeigt den Systemaufbau eines Steuersystems für eine durch eine Brennkraftmaschine 1 gebildete Antriebsmaschine, welche über eine beispielsweise zwei Kupplungen  $K_1$ ,  $K_2$  aufweisende Getriebeeinheit 2 mit einem Abtrieb 3 verbunden ist. Die Zahl der Kupplungen der Getriebeeinheit ist für das erfindungsgemäße Verfahren ohne Bedeutung. Der Brennkraftmaschine 1 ist eine elektronische Motorsteuereinheit ECU, dem Getriebe 2 ein elektronisches Steuergerät TCU für Getriebe und Kupplung und dem Abtrieb 3 ein Fahrdynamik-Steuergerät ESP zugeordnet. Fahrdynamik-Steuergerät ESP und Transmissions-Steuergerät TCU stehen über Datenverbindungsleitungen CAN mit der elektronischen Motor-Steuereinheit ECU in Verbindung. Über die Datenverbindungsleitungen CAN können die Steuergeräte TCU und ESP Führungsgrößenanforderungen an die Motorsteuereinheit ECU senden. Die Führungsgrößenanforderung kann entweder die Forderung nach einem Drehmoment sein oder auch die Forderung nach Modifikation desjenigen Drehmoments sein, dass die Brennkraftmaschine ohne diese externe Anforderung abgeben würde. Solche Anforderungen an das Drehmoment können zum Beispiel von einem Transmissions-Steuergerät TCU kommen, um das von der Brennkraftmaschine 1 abgegebene Drehmoment während eines Schaltvorganges günstig im Sinne von Fahrkomfort und geringem Verschleiß zu beeinflussen. Aber auch das Fahrdynamik-Steuergerät ESP, welches die Fahrdynamik des Fahrzeuges überwacht und regelt, stellt in fahrdynamisch kritischen Fahrsituationen solche Drehmoment-Anforderungen an die elektronische Steuereinheit ECU der Brennkraftmaschine 1. Auch andere Größen wie Drehzahl, Fahrzeugbeschleunigung, Fahrzeuggeschwindigkeit, Leistung oder dergleichen kommen als Führungsgröße in Frage.

Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4 zeigen Drehzahl  $n$ , Motordrehmoment  $M$  und Beschleunigung  $a$  während eines Hochschaltvorganges, aufgetragen über der Zeit  $t$ , wobei  $M_A'$  das Abtriebsmoment und  $M_{K1}'$  bzw.  $M_{K2}'$  die über die beiden Kupplungen  $K_1$ ,  $K_2$  übertragenen Kupplungsmomente darstellen. Wie aus den Fig. 2 bis Fig. 4 hervorgeht, folgt die Brennkraftmaschine 1 in der Regel erst nach einer betriebspunktabhängigen Totzeit einem Momenteneingriff und auch der Gradient, mit welchem das Drehmoment erhöht oder reduziert werden kann, unterliegt einer betriebspunktabhängigen maximalen Dynamik. Diese Zeitverzögerung im Motordrehmoment  $M$  ist in Fig. 3 mit Bezugszeichen  $T$  bezeichnet. Die Zeitverzögerung  $T$  bewirkt einen Einbruch im Beschleunigungsverhalten, wie in Fig. 4 mit  $S$  angedeutet ist. Dies wirkt sich nachteilig auf den Schaltkomfort aus.

Das in Fig. 5 gezeigte bekannte Steuerungssystem weist eine elektronische Motorsteuereinheit ECU für die Brennkraftmaschine 1 und ein Transmissions-Steuergerät TCU für die Getriebeeinheit 2 auf. Im Transmissions-Steuergerät TCU wird das Übertragungsverhalten des Systems aus elektronischer Motorsteuerein-

heit ECU und Brennkraftmaschine 1 in einem gewissen Maße intern abgebildet, um den Momenteneingriff geeignet modifizieren zu können. Dabei wird die approximierte Transferfunktion 4 der Brennkraftmaschine 1 zumindest teilweise im Transmissions-Steuergerät TCU abgelegt, um die reale Transferfunktion 5 der Brennkraftmaschine 1 – zumindest teilweise – zu kompensieren.

Die reale Transferfunktion 5 der Brennkraftmaschine kennzeichnet das dynamische Verhalten der Führungsgröße (z.B. Drehmoment) gegenüber Führungsgrößen-Anforderungen.

Im Transmissions-Steuergerät TCU ist die reale Transferfunktion 5 in approximierter Form 4 abgelegt. Im Frequenzbereich kann sie beispielsweise bei Approximation durch ein Übertragungsverhalten II. Ordnung in folgender Form geschrieben werden:

$$G(s) = \frac{M_{\text{ist}}(s)}{M_{\text{soll}}(s)} = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2 \cdot D \cdot \omega_0 \cdot s + \omega_0^2} \cdot e^{-T \cdot s} \quad (1)$$

Hierbei ist  $s$  die komplexe Variable,  $M_{\text{ist}}(s)$  stellt die Laplace-Transformierte des Ausgangswerts der Führungsgröße dar,  $M_{\text{soll}}(s)$  stellt die Laplace-Transformierte der Führungsgrößen-Anforderung dar,  $T$  eine Totzeit,  $D$  eine Dämpfung und  $\omega_0$  eine charakteristische Kreisfrequenz. Die Werte von  $T$ ,  $D$  und  $\omega_0$  hängen in der Regel vom Betriebspunkt der Brennkraftmaschine ab.

Der Führungsgrößen-Eingriff kann nun bei Kenntnis der approximierten Transferfunktion  $G(s)$  durch eine geeignete Funktion  $R(s)$  so modifiziert werden, dass die Transferfunktion 5 der Brennkraftmaschine weitgehend kompensiert wird. Das Auffinden der geeigneten Funktion  $R(s)$  zur approximierten Transferfunktion  $G(s)$  ist ein bekanntes Problem aus der Regelungstheorie.

Diese approximierte Transferfunktion 4 kann auch implizit durch Berücksichtigung von Kennwerten, wie Parametern, Kennlinien, Kennfeldern oder Ähnlichem abgelegt sein. Dabei kann es vorkommen, dass während eines Schaltvorganges das Transmissions-Steuergerät TCU einen Momenteneingriff schon früher als eigentlich erforderlich von der Motorsteuereinheit ECU anfordern muss, um die Totzeit der Brennkraftmaschine 1 zu kompensieren. Die Steuerung der Brennkraftmaschine 1 kann aber einen externen Momenteneingriff oft nicht optimal umsetzen, da eine Vorschau auf den weiteren Verlauf des geforderten Drehmomentes nicht bekannt ist. Ein weiterer Nachteil dieses bekannten Systems ist, dass die zumindest teilweise und oft implizite Hinterlegung der approximierten Transferfunktion 4 der Brennkraftmaschine 1 im Transmissions-Steuergerät TCU einen erheblichen Anpassungsaufwand bei der Installation aus Getriebe 2 und Transmissions-Steuer-

ergerät TCU in einem anderen Fahrzeug mit einer anderen Brennkraftmaschine 1 darstellt.

Andererseits kann trotz dieses erheblichen Anpassungsaufwandes die approximierte Transferfunktion 4 der Brennkraftmaschine 1 in einem anderen Steuergerät als der Motorsteuereinheit ECU niemals sehr genau bekannt sein (d.h. die Approximation ist grob), da die Transferfunktion 5 der Brennkraftmaschine 1 von sehr vielen motorinternen Betriebsparametern abhängt, die außerhalb der Motorsteuereinheit ECU nicht bekannt sind. So haben neben aktueller Drehzahl  $n$  und aktuellem Drehmoment  $M$  der Brennkraftmaschine auch die Temperatur der Brennkraftmaschine 1, der Betriebszustand eines eventuell vorhandenen Turboladers, die Einstellung eines eventuell vorhandenen Abgasrückführventils und viele weitere motorinterne Betriebsparameter einen erheblichen Einfluss auf die Dynamik und damit auf die Transferfunktion 5 der Brennkraftmaschine 1. Da somit die im Transmissions-Steuergerät TCU abgelegte approximierte Transferfunktion 4 die reale Transferfunktion 5 der Brennkraftmaschine 1 nur sehr unvollständig approximiert, kann somit durch eine Modifikation der Führungsgrößen-Anforderung die Transferfunktion 5 der Brennkraftmaschine 1 auch nur teilweise kompensiert werden. Die so nicht kompensierten Restanteile führen zu einem vom Betriebspunkt abhängigen unterschiedlichen Verhalten der Brennkraftmaschine 1 auf den Momenteneingriff des Transmissions-Steuergerätes TCU, und somit zu reduziertem Schaltkomfort und erhöhtem Verschleiß der Getriebeeinheit 2.

Diese Nachteile können gemäß Fig. 6 vermieden oder zumindest erheblich reduziert werden, wenn wesentliche Parameter der approximierten Transferfunktion 4 in der elektronischen Motorsteuereinheit ECU berechnet und über die Datenverbindungsleitung CAN zu gewissen Zeiten anderen Steuergeräten im Antriebsstrang, beispielsweise einem Transmissions-Steuergerät TCU, mitgeteilt werden. Diese anderen Steuergeräte können dann auf Basis dieser Parameter mit sehr geringem Aufwand die approximierte Transferfunktion 4 zumindest teilweise rekonstruieren und damit den Momenteneingriff geeignet modifizieren. Hierbei können die anderen Steuergeräte im Antriebsstrang des Kraftfahrzeuges die approximierte Transferfunktion 4 der Brennkraftmaschine 1 auch auf implizite Weise berücksichtigen, das heißt durch Kennwerte, wie Parameter, Kennlinien, Kennfelder oder dergleichen.

Vorteilhafterweise können die wesentlichen Parameter der approximierten Transferfunktion von allen Motorsteuereinheiten ECU, die in Kraftfahrzeuge eingebaut werden, in normierter Form übertragen werden.



Durch die Übertragung der wesentlichen Parameter der approximierten Transferfunktion 4 an die anderen Steuergeräte TCU, ESP oder dergleichen im Antriebsstrang ist nun in diesen anderen Steuergeräten TCU, ESP kein oder nur ein geringer Anpassungsaufwand an eine geänderte Brennkraftmaschine 1 mehr erforderlich. Zudem ermöglicht die Bestimmung der approximierten Transferfunktion 4 in der elektronischen Motorsteuereinheit ECU der Brennkraftmaschine 1 die Berücksichtigung sehr vieler motorinterner Parameter, wie etwa Temperaturen, Betriebszustand eines Turboladers etc. und somit eine erhebliche Steigerung der Qualität der approximierten Transferfunktion 4. Durch die Steigerung dieser Qualität kann zum Beispiel im Falle eines Momenteneingriffes durch das Transmissions-Steuergerätes TCU der Schaltkomfort erheblich verbessert und der Verschleiß von Kupplung und/oder Getriebe reduziert werden, wie aus den Fig. 7 bis Fig. 9 hervorgeht. Die aus Fig. 8 hervorgehende optimale Steuerung der Motor-dynamik ohne zeitlicher Verzögerung der Motorreaktion beim Schaltvorgang ist auf die Bestimmung der approximierten Transferfunktion 4 in der Motorsteuer-einheit ECU zurückzuführen. Zum Vergleich ist auch in Fig. 3 das durch das erfindungsgemäße Verfahren erzielte Abtriebsmoment  $M_A$  strichliert eingezeichnet. Aus Fig. 9 ist ersichtlich, dass es zu keinem Einbruch in der Beschleunigung  $a$  mehr kommt und dass somit der Schaltkomfort wesentlich verbessert ist.

Weitere Vorteile des Verfahrens ergeben sich dann, wenn im Antriebsstrang eines Kraftfahrzeuges mehrere Steuergeräte, wie beispielsweise ein Getriebe-Steuergerät TCU und ein Fahrdynamik-Steuergerät ESP, eingebaut sind, die in das Drehmoment der Brennkraftmaschine 1 eingreifen. In diesem Fall steht dem unvermeidlichen Zusatzaufwand in der Motor-Steuereinheit ECU zur Bestimmung der approximierten Transferfunktion 4 und ihrer wesentlichen Parameter der Wegfall des Anpassungsaufwandes in Getriebe- und Fahrdynamik-Steuergeräten TCU, ESP gegenüber, wodurch sich der Vorteil erheblich vergrößert.

Die von der elektronischen Motor-Steuereinheit ECU berechneten Parameter der approximierten Transferfunktion 4 können beispielsweise Totzeit, Phasenverschiebung, Dämpfung, charakteristische Frequenz, maximaler Gradient bei Momentenerhöhung, maximaler Gradient bei Momentenreduktion oder Ähnliches sein.

Zusätzlich können weitere Parameter der Drehmomentanforderung durch das anfordernde elektronische Steuergerät, wie beispielsweise Soll-Moment nach Ende des Momenteneingriffs, Dauer des Momenteneingriffs, Vorzeichen des aktuellen Momentengradienten oder Information über den Zweck des Momenteneingriffs bestimmt werden. Die Information über den Zweck des Momenteneingriffs kann dessen Realisierung deutlich verbessern, da im Falle eines Momenteneingriffs zur Erhöhung der Fahrzeugsicherheit (zum Beispiel durch ein

Fahrsicherheitssystem wie ESP) sowohl Abgasgrenzwerte, als auch Belastungswerte kurzfristig überschritten werden dürfen, was bei Momenteneingriffen zur Erhöhung des Komforts während eine Schaltung nicht zulässig ist.

In Abhängigkeit dieser weiteren Parameter können die Stellpfade in der elektronischen Motorsteuereinheit ECU zur optimalen Umsetzung des Momenteneingriffs beeinflusst werden. So kann zum Beispiel bei einem nur sehr kurzen Momenteneingriff in reduzierender Richtung bewusst der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine, beispielsweise durch Veränderung der Ventilsteuerung, des Einspritzzeitpunktes oder des Zündzeitpunktes, verschlechtert werden. Weiters kann zum Beispiel während des Momenteneingriffs die Füllung (=Sauerstoffmasse) im Zylinder so eingestellt werden, dass sie optimal zum Soll-Moment nach Ende des Momenteneingriffs passt.

Das beschriebene Verfahren kann nicht nur für Fahrzeuge mit Brennkraftmaschinen, sondern auch für Fahrzeuge mit elektrischen Antriebsmaschinen verwendet werden.

Die mit der Anmeldung eingereichten Patentansprüche sind Formulierungsvorschläge ohne Präjudiz für die Erzielung weitergehenden Patentschutzes. Die Anmelderin behält sich vor, noch weitere, bisher nur in der Beschreibung und/oder Zeichnungen offenbarte Merkmale zu beanspruchen.

In Unteransprüchen verwendete Rückbeziehungen weisen auf die weitere Ausbildung des Gegenstandes des Hauptanspruches durch die Merkmale des jeweiligen Unteranspruches hin; sie sind nicht als ein Verzicht auf die Erzielung eines selbständigen, gegenständlichen Schutzes für die Merkmale der rückbezogenen Unteransprüche zu verstehen.

Die Gegenstände dieser Unteransprüche bilden jedoch auch selbständige Erfindungen, die eine von den Gegenständen der vorhergehenden Unteransprüche unabhängige Gestaltung aufweisen.

Die Erfindung ist auch nicht auf das (die) Ausführungsbeispiel(e) der Beschreibung beschränkt. Vielmehr sind im Rahmen der Erfindung zahlreiche Abänderungen und Modifikationen möglich, insbesondere solche Varianten, Elemente und Kombinationen und/oder Materialien, die zum Beispiel durch Kombination oder Abwandlung von einzelnen in Verbindung mit den in der allgemeinen Beschreibung Ausführungsformen sowie den Ansprüchen beschriebenen und in den Zeichnungen enthaltenen Merkmalen bzw. Elementen oder Verfahrensschritten erfinderisch sind und durch kombinierbare Merkmale zu einem neuen Gegenstand oder zu neuen Verfahrensschritten bzw. Verfahrensschrittfolgen führen, auch soweit sie Herstell-, Prüf- und Arbeitsverfahren betreffen.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Steuerung einer Antriebsmaschine für ein Fahrzeug, insbesondere einer Brennkraftmaschine, mit zumindest einer Motorsteuereinheit und zumindest einem zusätzlichen Steuergerät im Antriebsstrang, wobei Führungsgrößenanforderungen vom Steuergerät an die Motorsteuereinheit gesendet werden, und wobei die Transferfunktion der Antriebsmaschine zumindest teilweise mittels einer vorbestimmten approximierten Transferfunktion der Antriebsmaschine dargestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Motorsteuereinheit zumindest einen Parameter der approximierten Transferfunktion der Antriebsmaschine berechnet und diese dem Steuergerät übermittelt, und dass im Steuergerät die approximierte Transferfunktion zumindest teilweise auf der Basis des zumindest einen berechneten Parameters rekonstruiert wird und die Führungsgrößenanforderungen auf Grund der zumindest teilweise rekonstruierten approximierten Transferfunktion modifiziert werden.
2. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnung des zumindest einen Parameters der approximierten Transferfunktion kontinuierlich erfolgt.
3. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Berechnung des zumindest einen Parameters der approximierten Transferfunktion diskontinuierlich erfolgt.
4. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der zumindest eine Parameter aus der Gruppe Totzeit, Dämpfung, charakteristische Frequenz, Phasenverschiebung, maximaler Gradient bei Führungsgrößenerhöhung und maximaler Gradient bei Führungsgrößenreduktion ausgewählt wird.
5. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch das zumindest eine zusätzliche Steuergerät an die Motorsteuereinheit neben den Führungsgrößenanforderungen zumindest ein weiterer Parameter aus der Gruppe Sollwert der Führungsgröße nach Ende des Führungsgrößeneingriffs, Dauer des Führungsgrößeneingriffs, Vorzeichen des aktuellen Führungsgrößengradienten und Information über Zweck des Führungsgrößeneingriffs gesendet wird.
6. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass in Abhängigkeit der weiteren Parameter die Stellpfade in der Motorsteuer-

einheit, vorzugsweise aufgrund der Information über den Zweck des Führungsgrößeneingriffs, beeinflusst werden.

7. Verfahren, insbesondere nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei sehr kurzem Führungsgrößeneingriff in reduzierender Richtung die Betriebsparameter gezielt in Richtung Verschlechterung des Wirkungsgrades eingestellt werden.
8. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 6 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des Führungsgrößeneingriffs die Füllung in zumindest einem Zylinder der Brennkraftmaschine so eingestellt wird, dass sie optimal zum Sollwert der Führungsgröße nach Ende des Führungsgrößeneingriffs passt.
9. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Parameter über eine Datenverbindungsleitung übertragen werden.
10. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zumindest die Parameter von der Motorsteuereinheit an das Steuergerät in normierter Form übermittelt werden.
11. Verfahren, insbesondere nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Führungsgröße aus der Gruppe Drehmoment, Drehzahl, Fahrzeugbeschleunigung, Fahrzeuggeschwindigkeit oder Leistung ausgewählt wird.

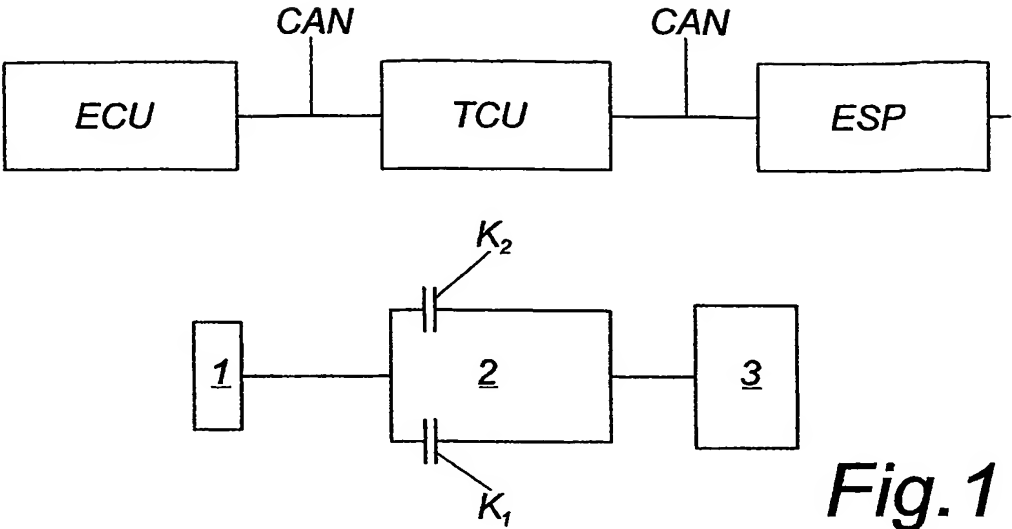


Fig.1

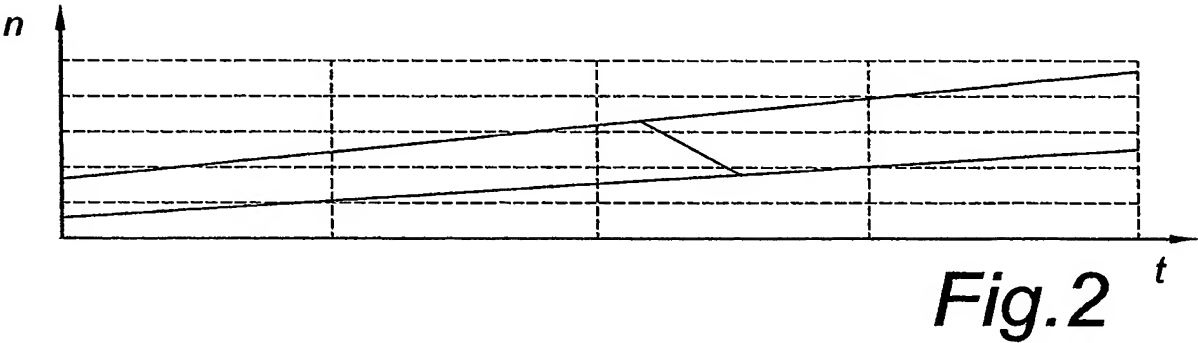


Fig.2

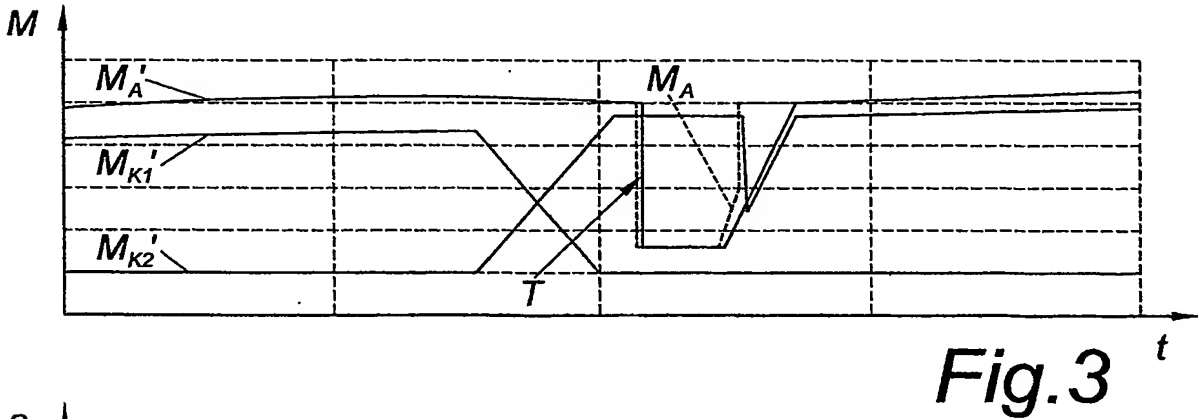


Fig.3

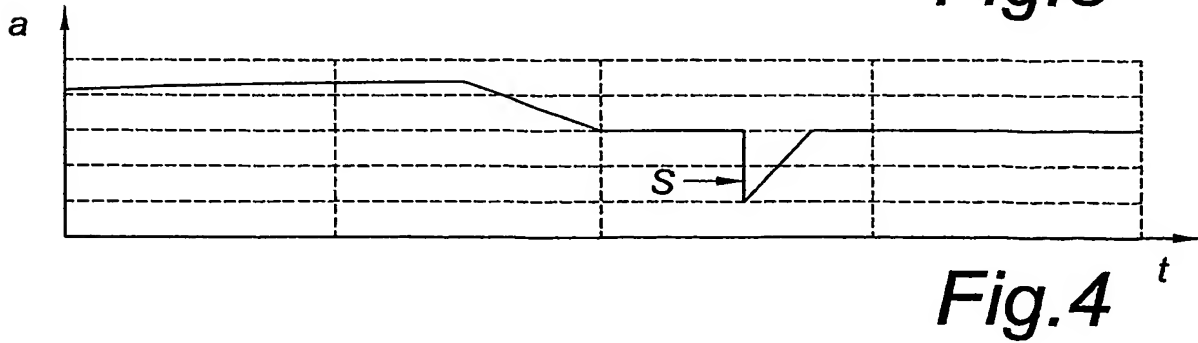
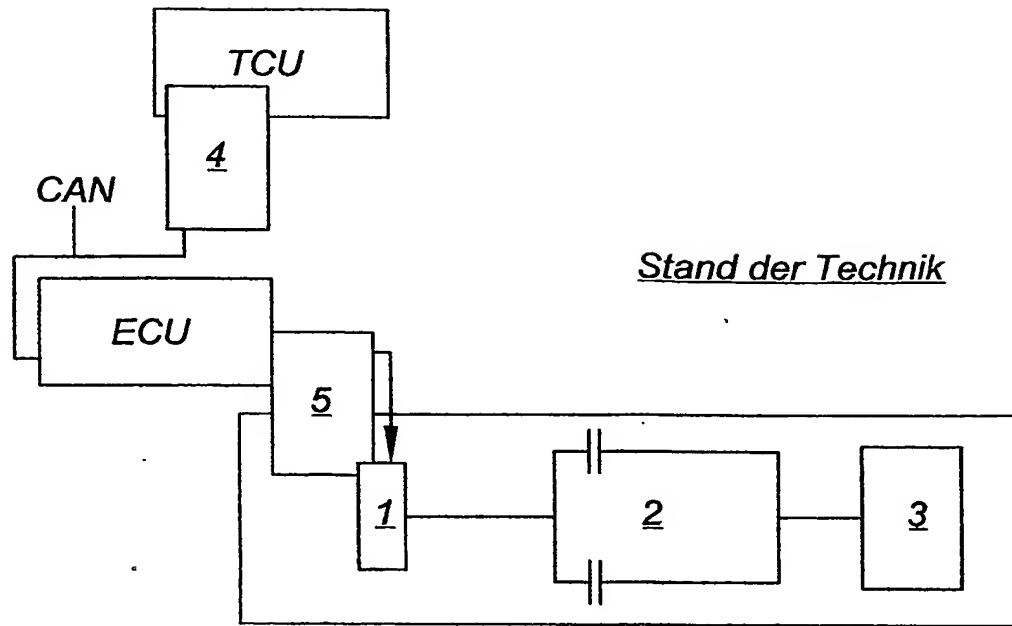
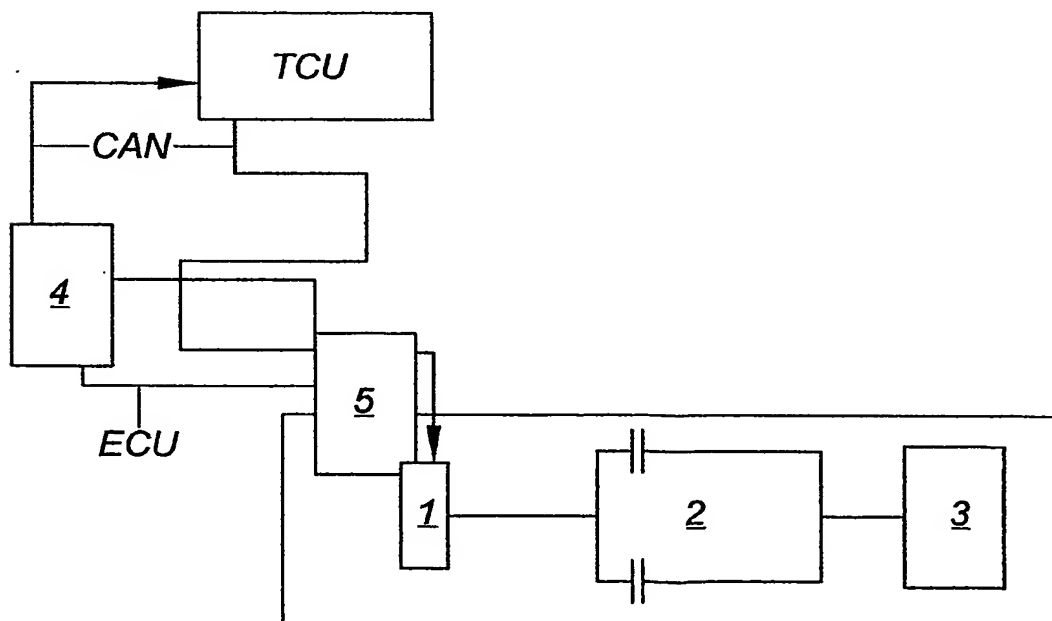


Fig.4

*Fig.5**Fig.6*

